

5

10

15

Meßspitze zur Hochfrequenzmessung und Verfahren zu deren Herstellung

20 Die Erfindung betrifft eine Meßspitze zur Hochfrequenzmessung mit einem kontaktseitigen Ende zum Kontaktieren von planaren Strukturen und einem koaxialkabelseitigen Ende zum Verbinden mit einem Koaxialkabel, wobei zwischen dem kontaktseitigen Ende und dem koaxialkabelseitigen Ende eine koplanare Leiterstruktur mit wenigstens zwei Leitern angeordnet ist, gemäß dem Oberbegriff des

25 Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Herstellen einer Meßspitze zur Hochfrequenzmessung mit einem kontaktseitigen Ende zum Kontaktieren von planaren Strukturen und einem koaxialkabelseitigen Ende zum Verbinden mit einem Koaxialkabel, wobei zwischen dem kontaktseitigen Ende und dem koaxialkabelseitigen Ende eine koplanare Leiterstruktur mit wenigstens zwei Leitern angeordnet sind, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 8.

30

Zum Testen von beispielsweise auf Wafern hergestellten, elektronischen Schaltungen auf deren Funktionsfähigkeit und deren elektrischen Eigenschaften werden üblicherweise Meßspitzen verwendet, welche auf entsprechenden Kontaktstellen der zu testenden elektronischen Schaltung mechanisch aufsetzen. Derartige zu

35 testende elektronische Schaltung erzeugen bzw. verarbeiten zunehmend auch Hochfrequenzsignale, so daß sich für die Meßspitze eine entsprechend zu beachtende Impedanz ergibt. Mit anderen Worten muß die Meßspitze eine an den

Kontakt mit der zu testenden elektrischen Schaltung angepaßte Impedanz aufweisen, da sich sonst bei Fehlanpassungen, wie allgemein bekannt, entsprechende Reflexionen ergeben, welche ein Meßergebnis in unerwünschter Weise beeinflussen oder eine Messung gar unmöglich machen. Auch über die Meßspitze selbst sollte sich keine Änderung der Impedanz ergeben, da auch derartige Impedanzsprünge entsprechende Reflexionsstellen erzeugen.

So ist aus der US 4 697 143 eine Meßspitze bekannt, welche zum Erzielen einer konstanten Impedanz von einem Meßkabel zu einem Kontaktpunkt eine koplanare Leiterstruktur aufweist, wobei ein Signalleiter und ein Masseleiter derart voneinander beabstandet sind, daß sich eine gewünschte, konstante Impedanz ergibt. Diese Anordnung hat jedoch den Nachteil, daß aufgrund der Verwendung eines Aluminiumoxidsubstrats eine aufwendige Abschirmung zum Vermeiden von Moden höherer Ordnung erforderlich ist. Ferner ist diese Meßspitze kompliziert, aufwendig und kostenintensiv in der Herstellung. Da wegen entsprechender Toleranzen nicht jede hergestellte Meßspitze die vorgegebenen Parameter erfüllt, ergibt sich ein hoher Ausschluß bei der Produktion, was diese Meßspitze zusätzlich verteuert. Darüber hinaus ergibt sich durch die insgesamt starre Anordnung der koplanaren Leiterstruktur mit insbesondere drei oder mehr Leitern ein Kontaktierungsproblem, da es bei den auf Wafern vorliegenden Abmessungen wegen entsprechender Toleranzen der Meßspitze, der Kontaktstellen und der mechanischen Ausrichtung der Meßspitze mechanisch nahezu unmöglich ist, daß bei Aufsetzen der Meßspitze auf die Kontaktstellen alle Leiter der koplanaren Leiterstruktur der Meßspitze genau in der Ebene der Kontaktstellen liegen. Daher kontaktieren einige Leiter ihre jeweilige Kontaktstelle besser und andere schlechter oder ggf. überhaupt nicht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Meßspitze der o.g. Art und ein Verfahren zum Herstellen derselben zur Verfügung zu stellen, wobei eine einfache und kostengünstige Serienproduktion bei gleichzeitig guter Kontaktqualität erzielt wird.

Diese Aufgabe wird durch eine Meßspitze der o.g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen und durch ein Verfahren der o.g. Art mit den in An-

spruch 8 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den jeweils abhängigen Ansprüchen angegeben.

Bei einer Meßspitze der o.g. Art ist es erfindungsgemäß vorgesehen, daß auf der koplanaren Leiterstruktur über einen vorbestimmten Abschnitt zwischen dem koaxialkabelseitigen Ende und dem kontaktseitigen Ende wenigstens einseitig, insbesondere beidseitig, ein die koplanare Leiterstruktur halterndes Dielektrikum angeordnet ist, wobei zwischen dem Dielektrikum und dem kontaktseitigen Ende die Meßspitze derart ausgebildet ist, daß die Leiter der koplanaren Leiterstruktur frei im Raum und bzgl. des halternden Dielektrikums federnd angeordnet sind.

Dies hat den Vorteil, daß eine kostengünstige und präzise auch in Serienfertigung herstellbare Meßspitze mit Impedanzkontrolle zur Verfügung steht, so daß sich geringe Reflektionen bei der Kontaktierung mit der planaren Struktur zu Meßzwecken ergeben. Die erfindungsgemäße Anordnung zeichnet sich durch Betriebsfrequenzen von bis zu 40 bis 60 GHz aus, wobei die Impedanz über die gesamte koplanare Leiterstruktur aufgrund der erfindungsgemäßen Ausbildung im wesentlichen dispersionsfrei, d.h. unabhängig von der Betriebsfrequenz, ist. Durch die frei federnde Anordnung der Leiter der koplanaren Leiterstruktur zwischen dem Dielektrikum und dem koaxialkabelseitigen Ende ist eine hohe Kontaktqualität zwischen allen Leitern der koplanaren Leiterstruktur und entsprechenden Kontaktstellen einer zu prüfenden Einrichtung gewährleistet, wobei die Kontaktqualität unempfindlich bzgl. eines verkippten aufsetzens der Meßspitze auf die Kontaktstellen ist.

Zum Gewährleisten eines konstanten Wellenwiderstandes über die Meßspitze ist zwischen je zwei Leitern der koplanaren Leiterstruktur von dem koaxialkabelseitigen Ende bis zum kontaktseitigen Ende ein jeweiliger Spalt entsprechend ausgebildet, wobei insbesondere der jeweilige Spalt im Bereich des Dielektrikums breiter als in Bereich der koplanaren Leiterstruktur ohne Dielektrikum ausgebildet ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Dielektrikum als wenigstens ein Quarzblock ausgebildet.

Zum Herstellen einer festen Verbindung zwischen der koplanaren Leiterstruktur und dem Dielektrikumblock weist dieser an einer Verbindungsseite mit der koplanaren Struktur eine sich mit letzterer im wesentlichen deckende Metallbeschichtung auf.

Zum Unterdrücken von Moden höherer Ordnung oberhalb der gewünschten Betriebsfrequenz ist das Dielektrikum an einer der koplanaren Leiterstruktur abgewandten Seite vollflächig metallisiert. Ferner ergibt sich dadurch im Bereich des Dielektrikums eine geschlossene, abgeschirmte Struktur.

Für bestimmte Anwendungen ist am koaxialkabelseitigen Ende eine planare Schaltung, insbesondere eine elektrische, elektronische bzw. aktive Schaltung, oder wenigstens ein aktives Schaltungselement angeordnet. Hierdurch liegt die zusätzliche Schaltung bzw. das zusätzliche Schaltungselement in unmittelbarer Nähe zu Kontakten zwischen der Meßspitze und einer zu testenden Schaltung am kontaktseitigen Ende der Meßspitze.

Bei einem Verfahren der o.g. Art ist es erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Leiter der koplanaren Leiterstruktur mittels eines lithiographisch-galvanoplastischen Verfahrens hergestellt werden.

Dies hat den Vorteil, daß auf einfache, kostengünstige und für eine Serienproduktion in reproduzierbare Weise eine Meßspitze mit kleinen Abmessungen mit genau vorbestimmtem Wellenwiderstand und somit niedriger Reflektion von Hochfrequenz und dementsprechend großer Bandbreite herstellbar ist.

Für eine Serienproduktion werden wenigstens eine, insbesondere mehrere koplanare Leiterstrukturen auf einem Siliziumwafer mittel eines fotolithographischen Verfahrens hergestellt.

Eine mechanische Stabilität bis zur Endmontage ohne aufwendiges Einrichten der Leiter eines koplanaren Wellenleiters erzielt man dadurch, daß die koplanare Leiterstruktur im lithiographisch-galvanoplastischen Verfahren derart hergestellt wird, daß die Leiter an einer Seite miteinander verbunden sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt das Verfahren folgende Schritte:

- (a) Bedampfen eines Siliziumwafers mit einer Metallschicht,
- (b) Auftragen eines lichtempfindlichen Lackes,
- 5 (c) Belichten des lichtempfindlichen Lackes durch eine Maske, welche im wesentlichen einem negativ der Struktur wenigstens einer herzustellenden koplanaren Leiterstruktur entspricht,
- (d) Entwickeln des Lackes zu einer Struktur mit Vertiefungen entsprechend der Struktur der herzustellenden koplanaren Leiterstrukturen,
- 10 (e) galvanisches Auffüllen der Vertiefungen mit einem elektrisch leitenden Werkstoff,
- (f) Entfernen der Metallschicht und abnehmen der koplanaren Leiterstruktur vom Wafer,
- (g) Verbinden einzelner koplanarer Leiterstrukturen einseitig oder beidseitig mit
15 einem Trägerteil zwischen dem koaxialkabelseitigen und dem kontaktseitigen Ende und
- (h) Verbinden der koplanaren Leiterstruktur mit dem Koaxialkabel.

Beispielsweise umfaßt die Metallschicht in Schritt (a) Titan, Silber, Chrom
20 und/oder Gold und der elektrisch leitenden Werkstoff in Schritt (e) ist optional Nickel. Das Trägerteil in Schritt (g) ist beispielsweise ein Dielektrikum, insbesondere ein Quarzblock. Zweckmäßigerweise wird ferner in einem nachfolgenden Schritt der koplanare Wellenleiter mit dem bzw. den Trägerteil(en) in einem Gehäuse
25 montiert. Dadurch ergibt sich im Bereich der Quarzklötze ein rundherum abschirmender Tunnel.

Zum Herstellen einer entsprechenden Fixierung der Leiter der koplanaren Wellenstruktur wird in den Schritten (a) bis (e) jede koplanare Leiterstruktur mit einer
30 Brücke hergestellt, welche alle Leiter einer koplanaren Leiterstruktur, insbesondere am koaxialkabelseitigen Ende miteinander verbindet. Diese Brücke wird zweckmäßigerweise nach der Montage des/der Trägerteile bzw. vor dem Verbinden mit dem Koaxialkabel entfernt.

Für eine noch größere Stabilität umfaßt die Brücke zusätzlich einen die koplanare Leiterstruktur umgebenden Rahmen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Diese
5 zeigt in:

Fig. 1 eine erste bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Meßspitze in perspektivischer Ansicht,

10 Fig. 2 eine zweite bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Meßspitze in perspektivischer Ansicht,

Fig. 3 eine dritte bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Meßspitze in Aufsicht,

15

Fig. 4 bis

Fig. 7 eine Veranschaulichung aufeinanderfolgender Schritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens und

20 Fig. 8 einen S-Parameter-Plott einer Simulationsrechnung für eine erfindungsgemäße Meßspitze.

Die in Fig. 1 dargestellte, erste bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Meßspitze 100 umfaßt eine koplanare Leiterstruktur 10 mit einem mittigen
25 Signalleiter 12 und zwei koplanar benachbart zu diesem Signalleiter 12 angeordnete Masseleiter 14. Zwischen dem Signalleiter 12 und einem jeweiligen Masseleiter 14 ist ein vorbestimmter Spalt 16 ausgebildet. Die koplanare Leiterstruktur 10 erstreckt sich von einem koaxialkabelseitigen Ende 18 zu einem kontaktseitigen Ende 20, und der Spalt 16 ist über die gesamte Länge der koplanaren Leiterstruktur 10 derart ausgebildet, dass sich ein konstanter, vorbestimmter Wellenwiderstand ergibt. An dem koaxialkabelseitigen Ende 18 ist die koplanare Leiterstruktur 10 mit einem Koaxialkabel 22 verbunden, wobei der Signalleiter 12 einen
30 Innenleiter 24 und die Masseleiter 14 einen Außenleiter 26 des Koaxialkabels kontaktieren.

In einem mittleren Abschnitt zwischen dem koaxialseitigen Ende 18 und dem kontaktseitigen Ende 20 ist beidseits der koplanaren Leiterstruktur 10 ein Dielektrikum in Form eines jeweiligen Quarzblockes 28 angeordnet. Hierbei sind die beiden Quarzblöcke 28 und die koplanare Leiterstruktur 10 in einer sandwichartigen Struktur aufeinandergelegt. Die Quarzblöcke 28 sind mit der koplanaren Leiterstruktur 10 fest verbunden und tragen jeweils an ihrer der koplanaren Leiterstruktur 10 zugewandten Seite eine Metallisierung, welche im wesentlichen der Form der koplanaren Leiterstruktur 10 im Bereich der Quarzblöcke 28 entspricht. Auf diese Weise erzielt man eine besonders gut haltende und enge Verbindung zwischen den Quarzblöcken 28 und den Leitern 12, 14 der koplanaren Leiterstruktur 10. Aufgrund der elektromagnetischen Verhältnisse mit Dielektrikum 28 ist der Spalt 16 im Bereich der Quarzblöcke 28 verbreitert, so dass sich insgesamt ein konstanter Wellenwiderstand über die gesamte koplanare Leiterstruktur 10 vom koaxialkabelseitigen Ende 18 bis zum kontaktseitigen Ende ergibt. Die jeweiligen Metallisierungen der beiden Quarzblöcke 28 sind zweckmäßigerweise über eine geeignete Einbautechnik miteinander elektrisch leitend verbunden. Dadurch ergibt sich eine für beide Seiten der Quarzblöcke identische Potentialebene mit entsprechender identischer Abschirmfunktion.

Wie sich unmittelbar aus Fig. 1 ergibt, sind die Leiter 12, 14 in einem Bereich 29 zwischen den halternden Quarzblöcken 28 und dem kontaktseitigen Ende 20 frei im Raum angeordnet, so dass jeder Leiter 12, 14 individuell bezüglich der Halterung in den Quarzblöcken 28 federn kann. Wird nun das kontaktseitige Ende 20 dieser Meßspitze 100 mechanisch auf entsprechende Kontaktstellen für eine zu testende elektrische Schaltung aufgedrückt, so bedingt die Möglichkeit des freien Federns für jeden einzelnen Leiter 12, 14 der koplanaren Leiterstruktur 10, dass jeder einzelne Leiter 12, 14 einen optimalen Kontakt zu der ihm jeweils zugeordneten Kontaktstelle hat. Ein etwaiges Verkippen der Meßspitze 100 beim mechanischen Andrücken auf die Kontaktstellen und etwaige Toleranzen sowohl bei den Leitern 12, 14 selbst als auch an den Oberflächen der Kontaktstellen werden durch das Federn der einzelnen Leiter 12, 14 ausgeglichen. Hierdurch wird bei jedem mechanischen Aufsetzen der Leiter 12, 14 auf entsprechende Kontaktstel-

len ein immer gleicher und definierter Kontakt hergestellt, so dass optimale Meßergebnisse mit der erfindungsgemäßen Meßspitze 100 erzielbar sind.

Die Darstellung der Meßspitze 100 mit drei Leitern 12, 14 in der Anordnung Masse-Signal-Masse bzw. g-s-g (g = ground; s = signal) ist lediglich beispielhaft. Selbstverständlich sind auch koplanare Leiterstrukturen mit nur zwei Leitern 12, 14 oder mehr als drei Leitern 12, 14 möglich, mit der Aufteilung von Signalleitern und Masse- bzw. Groundleitern in folgender Weise: g-s-g-s-g-s-g... oder g-s-g-g-s-g-g-s-g... oder ähnliches. Auf diese Weise sind auch zu testende elektrische Schaltungen mit einer einzigen Meßspitze kontaktierbar, welche mehrere koplanare Signalleitungen aufweisen.

Die in Fig. 2 dargestellte zweite bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Meßspitze 200 entspricht im wesentlichen derjenigen von Fig. 1, wobei gleiche Teile mit gleichen Bezugsziffern gekennzeichnet sind, so daß zu deren Beschreibung auf die obigen Erläuterungen bzgl. Fig. 1 verwiesen wird. Im Unterschied zur Ausführungsform 100 weisen die Quarzblöcke 28 an einer der koplanaren Leiterstruktur 10 abgewandten Seite eine vollflächige Metallisierung 30 auf. Diese Metallisierung führt einmal zum Unterdrücken von unerwünschten Moden höherer Ordnung abseits der gewünschten Betriebsfrequenz und schafft gleichzeitig über einen vorbestimmten Bereich der koplanaren Leiterstruktur 10 ein geschlossenes System.

Die in Fig. 3 dargestellte dritte bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Meßspitze 300 veranschaulicht den Zustand nach Herstellung der Meßspitze 300 mit einem erfindungsgemäßen Verfahren auf einen Siliziumwafer. In Fig. 3 sind wiederum gleiche Teile mit gleichen Bezugsziffern gekennzeichnet, so dass zu deren Erläuterung auf die obige Beschreibung der Fig. 1 und 2 verwiesen wird. Bei der Meßspitze 300 gemäß Fig. 3 sind die Leiter 12, 14 der koplanaren Leiterstruktur 10 zunächst nach der Herstellung mit einem nachfolgend noch näher erläuterten lithografisch-galvanoplastischen Verfahren (LiGa-Verfahren) über eine Brücke 32 miteinander mechanisch verbunden. An der Brücke 32 ist einstückig ein Rahmen 34 ausgebildet, welcher die koplanare Leiterstruktur 10 in einer Ebene vollständig umgibt. Mittels dieses Rahmens 34 ist ein entsprechendes

Handhaben der koplänaren Leiterstruktur 10 bis zur endgültigen Fertigstellung der Meßspitze möglich, ohne die Leiter 12, 14 selbst der koplänaren Leiterstruktur 10 berühren zu müssen, mit einer entsprechenden Gefahr einer Beschädigung dieser Leiter 12, 14. Nach dem Ausbilden der in Fig. 3 abgebildeten koplänaren Leiterstruktur 10 mit Brücke 32 und Rahmen 34 auf einem Siliziumwafer mit dem litho-
5 grafisch-galvanoplastischen Verfahren wird diese Anordnung 10, 32, 34 von dem Siliziumwafer abgenommen, und es werden oben und unten in dem entsprechenden Bereich des verbreiterten Spaltes 16 die Quarzblöcke 28 beispielsweise mittels Bonden an der koplänaren Leiterstruktur 10 befestigt. Von nun an hat die koplänare Leiterstruktur 10 durch die Halterung mittels der Quarzblöcke 28 eine Ei-
10 genstabilität, so dass die Verbindung zwischen der koplänaren Leiterstruktur 10 und der Brücke 32 mit Rahmen 34 getrennt werden kann. Dies erfolgt beispielsweise im Bereich einer schematisch dargestellten Linie 36. Zweckmäßigerweise erfolgt die Abtrennung zwischen der Brücke 32 und der koplänaren Leiterstruktur
15 10 derart, dass äußere Enden 38 der beiden äußeren Masseleiter 14 am koaxialkabelseitigen Ende 18 überstehen, so dass sich eine automatische Zentrierung eines mit der koplänaren Leiterstruktur 10 zu verbindenden Koaxialkabels ergibt.

Am kontaktseitigen Ende 20 verzüngen sich die Leiter 12, 14 der koplänaren Leiterstruktur 10 zum Ausbilden einer Anordnung der Leiter 12, 14, welche entsprechend zu kontaktierenden Kontaktstellen einer zu testenden elektrischen Schaltung entspricht. Zum Aufrechterhalten eines konstanten Wellenwiderstandes verzü-
20 ngt sich im Bereich 29 am kontaktseitigen Ende 20 der Spalt 16 dementsprechend in Richtung kontaktseitiges Ende 20.

25 Eine besonders herausragende Eigenschaft der erfindungsgemäßen Meßspitze gemäß der Fig. 1 bis 3 liegt darin, dass die mittels der Spalte 16 eingestellte Impedanz über die koplänare Leiterstruktur 10 hinweg im wesentlichen dispersionsfrei ist, d.h. die Impedanz und die Phasengeschwindigkeit sind im wesentlichen
30 nicht abhängig von der Betriebsfrequenz.

Nachfolgend wird anhand der Fig. 4 bis 7 das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen einer erfindungsgemäßen Meßspitze schematisch näher erläutert. In einem ersten Schritt wird ein Siliziumwafer 38 mit einer Metallschicht 40 bedampft

(Fig. 4). Die Metallschicht 40 umfaßt beispielsweise Titan, Silber, Chrom oder Gold. In einem weiteren Schritt wird, wie aus Fig. 5 ersichtlich, ein lichtempfindlicher Lack 42 auf die Metallschicht 40 aufgebracht. Dieser lichtempfindliche Lack wird durch eine Maske belichtet. Die Maske ist dabei derart ausgebildet, dass sie einer bestimmten Anzahl auf dem Siliziumwafer 38 herzustellender koplanarer Leiterstrukturen 10 mit jeweiliger Brücke 32 und jeweiligem Rahmen 34 entspricht, wie in Fig. 3 dargestellt. Ggf. sind benachbarte Rahmen mechanisch miteinander verbunden. Hierbei ist es besonders zweckmäßig, auf dem Siliziumwafer neben- und übereinander liegend viele koplanare Leiterstrukturen 10 mit Brücke 32 und Rahmen 34 gemäß Fig. 3 herzustellen. Es wird somit mittels eines fotolithographischen Verfahrens der Lack 42 in eine Form gebracht, welche einem Negativ der herzustellenden koplanaren Leiterstrukturen 10 mit jeweiligen Brücken 32 und jeweiligen Rahmen 34 entspricht. Hierbei wird der Lack in entsprechender Weise entwickelt. In einem nachfolgenden Schritt werden die in dem Lack gemäß Fig. 5 hergestellten Vertiefungen 43 mit einem elektrisch leitenden Werkstoff 44, wie beispielsweise Nickel, galvanisch aufgefüllt, wie aus Fig. 6 ersichtlich. Diese Anordnung gemäß Fig. 6 wird geschliffen, und der Lack 42 wird entfernt, so dass sich eine Anordnung gemäß Fig. 7 ergibt. Hierbei bildet nun der elektrisch leitende Werkstoff 44 die gewünschte Struktur der koplanaren Leiterstruktur 10 zusammen mit einer jeweiligen Brücke 32 und einem jeweiligen Rahmen 34, wie in Fig. 3 dargestellt, aus. Abschließend wird die Metallschicht 40, welche als Trennschicht zwischen dem elektrisch leitenden Werkstoff 44 und dem Siliziumwafer 38 wirkt, entfernt, und die Anordnung aus über- und nebeneinander liegenden koplanaren Leiterstrukturen mit Brücken und Rahmen kann vom Siliziumwafer 38 abgenommen werden. Als nächstes wird jede einzelne koplanare Leiterstruktur 10 innerhalb eines Rahmens 34 beidseitig im entsprechenden Bereich mit den Quarzblöcken 28 versehen und schließlich die Brücken 32 mit Rahmen 34 von den koplanaren Leiterstrukturen 10 abgetrennt. Abschließend wird die koplanare Leiterstruktur 10 am koaxialkabelseitigen Ende 18 mit einem Koaxialkabel verbunden.

Besonders bemerkenswert bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist, dass die einzelnen Leiter 12, 14 der koplanaren Leiterstruktur 10 in keiner Weise bei der Montage zueinander ausgerichtet werden müssen. Die relative Anordnung der Leiter 12, 14 zueinander ist vom Anfang bis zum Ende des Herstellungsprozesses

vorgegeben und fest. Dadurch entfallen etwaige Toleranzen beim mechanischen Anordnen der Einzelleiter 12, 14 beim Herstellungsverfahren.

Die erfindungsgemäße Meßspitze weist, wie aus Fig. 8 ersichtlich, ein überraschend gutes Frequenzverhalten auf. Fig. 8 veranschaulicht einen S-Parameterplott aus einer Simulationsrechnung für eine erfindungsgemäße Meßspitze. Hierbei ist auf der horizontalen Achse 46 eine Frequenz in GHz und auf der vertikalen Achse 48 ein S-Parameter in dB aufgetragen. Wie sich unmittelbar aus der Graphik gemäß Fig. 8 ergibt, ist die erfindungsgemäße Meßspitze gemäß dieser Modellrechnung bis zu Frequenzen von 60 GHz brauchbar. Dies bei gleichzeitiger Möglichkeit der Serienfertigung mit geringem Ausschuß und geringem Aufwand.

5

Patentansprüche

- 10 1. Meßspitze (100, 200, 300) zur Hochfrequenzmessung mit einem kontaktseitigen Ende (20) zum Kontaktieren von planaren Strukturen und einem koaxialkabelseitigen Ende (18) zum Verbinden mit einem Koaxialkabel (22), wobei zwischen dem kontaktseitigen Ende (20) und dem koaxialkabelseitigen Ende (18) eine koplanare Leiterstruktur (10) mit wenigstens zwei Leitern (12, 14) angeordnet ist,
- 15 dadurch gekennzeichnet,
- daß auf der koplanaren Leiterstruktur (10) über einen vorbestimmten Abschnitt zwischen dem koaxialkabelseitigen Ende (19) und dem kontaktseitigen Ende (20) wenigstens einseitig, insbesondere beidseitig, ein die koplanare Leiterstruktur (10) halterndes Dielektrikum (28) angeordnet ist, wobei zwischen dem Dielektrikum (28) und dem kontaktseitigen Ende (20) die Meßspitze (100, 200, 300) derart ausgebildet ist, daß die Leiter (12, 14) der koplanaren Leiterstruktur (10) frei im Raum und bzgl. des halternden Dielektrikums (28) federnd angeordnet sind.
- 20
- 25 2. Meßspitze (100, 200, 300) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen je zwei Leitern (12, 14) der koplanaren Leiterstruktur (10) von dem koaxialkabelseitigen Ende (18) bis zum kontaktseitigen Ende (20) ein jeweiliger Spalt (16) derart ausgebildet ist, daß sich vom koaxialkabelseitigen Ende (18) bis zum kontaktseitigen Ende (20) ein konstanter Wellenwiderstand ergibt.
- 30
3. Meßspitze (100, 200, 300) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der jeweilige Spalt (16) im Bereich des Dielektrikums (28) breiter ausgebildet

det ist als in Bereich der koplanaren Leiterstruktur (10) ohne Dielektrikum (28).

4. Meßspitze (100, 200, 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Dielektrikum als wenigstens ein Quarzblock (28) ausgebildet ist.
5. Meßspitze (100, 200, 300) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Dielektrikum (28) an einer Verbindungsseite mit der koplanaren Leiterstruktur (10) eine sich mit letzterer im wesentlichen deckende Metallbeschichtung aufweist.
6. Meßspitze (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Dielektrikum (28) an einer der koplanaren Leiterstruktur abgewandten Seite vollflächig metallisiert ist.
7. Meßspitze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß am koaxialkabelseitigen Ende (18) eine planare Schaltung, insbesondere eine elektrische, elektronische bzw. aktive Schaltung, oder wenigstens ein aktives Schaltungselement, angeordnet ist.
8. Verfahren zum Herstellen einer Meßspitze zur Hochfrequenzmessung mit einem kontaktseitigen Ende zum Kontaktieren von planaren Strukturen und einem koaxialkabelseitigen Ende zum Verbinden mit einem Koaxialkabel, wobei zwischen dem kontaktseitigen Ende und dem koaxialkabelseitigen Ende eine koplanare Leiterstruktur mit wenigstens zwei Leitern angeordnet sind,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Leiter der koplanaren Leiterstruktur mittels eines lithiographisch-galvanoplastischen Verfahrens hergestellt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine, insbesondere mehrere koplanare Leiterstrukturen auf einem Siliziumwafer mittel eines fotolithographischen Verfahrens hergestellt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die koplanare Leiterstruktur im lithographisch-galvanoplastischen Verfahren derart hergestellt wird, daß die Leiter an einer Seite miteinander verbunden sind.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch folgende Schritte,
- (a) Bedampfen eines Siliziumwafers mit einer Metallschicht,
 - (b) Auftragen eines lichtempfindlichen Lackes,
 - (c) Belichten des lichtempfindlichen Lackes durch eine Maske, welche im wesentlichen einem negativ der Struktur wenigstens einer herzustellenden koplanaren Leiterstruktur entspricht,
 - (d) Entwickeln des Lackes zu einer Struktur mit Vertiefungen entsprechend der Struktur der herzustellenden koplanaren Leiterstrukturen,
 - (e) galvanisches Auffüllen der Vertiefungen mit einem elektrisch leitenden Werkstoff,
 - (f) Entfernen der Metallschicht und abnehmen der koplanaren Leiterstruktur vom Wafer,
 - (g) Verbinden einzelner koplanarer Leiterstrukturen einseitig oder beidseitig mit einem Trägerteil zwischen dem koaxialkabelseitigen und dem kontaktseitigen Ende und
 - (h) Verbinden der koplanaren Leiterstruktur mit dem Koaxialkabel.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallschicht in Schritt (a) Titan, Silber, Chrom und/oder Gold umfaßt.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrisch leitenden Werkstoff in Schritt (e) Nickel ist.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägerteil in Schritt (g) ein Dielektrikum, insbesondere ein Quarzblock, ist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß in einem nachfolgenden Schritt der koplanare Wellenleiter mit dem bzw. den Trägerteil(en) in einem Gehäuse montiert wird.
- 5 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß in den Schritten (a) bis (e) jede koplanare Leiterstruktur mit einer Brücke hergestellt wird, welche alle Leiter einer koplanaren Leiterstruktur, insbesondere am koaxialkabelseitigen Ende miteinander verbindet.
- 10 17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Brücke zusätzlich einen die koplanare Leiterstruktur umgebenden Rahmen umfaßt.
18. Verfahren nach Anspruch 15 oder 17, gekennzeichnet durch folgenden zusätzlichen Schritt vor Schritt (g),
- 15 (g0) Entfernen der Brücke der Leiter der koplanaren Leiterstruktur vor dem Verbinden mit dem Koaxialkabel.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Schritt (b) bis (d) mittels eines fotolithographischen Verfahrens
- 20 durchgeführt werden.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No
PCT/DE 00/03231

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01R1/067

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | US 4 894 612 A (DRAKE ET AL.) 16 January 1990 (1990-01-16) figures 1-5 | 1-3,8 |
| A | US 4 697 143 A (LOCKWOOD ET AL.) 29 September 1987 (1987-09-29) cited in the application column 4, line 11 | 1 |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 February 2001

Date of mailing of the international search report

06/03/2001

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

HOORNAERT, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Patent Application No.

PCT/DE 00/03231

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 4894612 - A | 16-01-1990 | NONE | |
| US 4697143 A | 29-09-1987 | JP 1928658 C | 12-05-1995 |
| | | JP 6050753 B | 29-06-1994 |
| | | JP 60236241 A | 25-11-1985 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Atomares Aktenzeichen

PCT/DE 00/03231

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 601R1/067

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 601R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Beitr. Anspruch Nr. |
|------------|---|---------------------|
| X | US 4 894 612 A (DRAKE ET AL.) 16. Januar 1990 (1990-01-16) Abbildungen 1-5 | 1-3, 8 |
| A | US 4 697 143 A (LOCKWOOD ET AL.) 29. September 1987 (1987-09-29) in der Anmeldung erwähnt Spalte 4, Zeile 11 | 1 |

☐

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

Δ Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. Februar 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/03/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

HOORNAERT, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Int. Klass. Aktenzeichen

PCT/DE 00/03231

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 4894612 A | 16-01-1990 | KEINE | |
| US 4697143 A | 29-09-1987 | JP 1928658 C | 12-05-1995 |
| | | JP 6050753 B | 29-06-1994 |
| | | JP 60236241 A | 25-11-1985 |